

Best Available Copy

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-180286

(43)Date of publication of application : 30.06.2000

(51)Int.Cl.

G01L 23/26

F02D 45/00

(21)Application number : 10-362477

(71)Applicant : HITACHI LTD
HITACHI CAR ENG CO LTD

(22)Date of filing : 21.12.1998

(72)Inventor : SUZUKI KIYOMITSU
TSUCHIDA KENJI
ASANO YASUHIRO

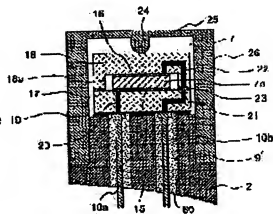
(54) CYLINDER INNER PRESSURE SENSOR FOR ENGINE AND MEASURING DEVICE FOR AIR QUANTITY FLOWING IN CYLINDER USING IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To miniaturize and simplify the construction by structuring pressure detecting elements between a diaphragm and the extreme end part of a housing through the protrusion of the diaphragm into a load receiving structure for receiving pressure in a cylinder, and supported.

SOLUTION: A diaphragm 25 provided on the extreme end of a housing 2 is provided with a protrusion 24 protruding on the housing 2 side, formed on one end of a cylindrical member 26 formed into a cap shape out of deposited reinforced metallic material, and the cylindrical member 26 is fitted to the extreme end of the housing 2 so as to enclose the respective elements 7a and the like of a pressure detecting part

7. The pressure detecting elements 7a receive a load due to cylinder inner pressure between the diaphragm 25 and the extreme end part the of the housing 2, through the projection of the diaphragm, and is supported with a ceramics base plate 17 to be constructed into a load receiver generating compressive stress. By such constitution, the pressure detecting elements 7a generate compressive stress in proportion to the cylinder inner pressure, and it is converted to an electric signal and input to a signal processing circuit.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-180286
(P2000-180286A)

(43) 公開日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	チマコード [*] (参考)
G 0 1 L 23/26		G 0 1 L 23/26	2 F 0 5 5
F 0 2 D 45/00	3 6 6	F 0 2 D 45/00	3 6 6 Z 3 G 0 8 4

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-362477

(22) 出願日 平成10年12月21日 (1998.12.21)

(71) 出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(71) 出願人 000232999
株式会社日立カーエンジニアリング
茨城県ひたちなか市高場2477番地
(72) 発明者 鈴木 清光
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
(74) 代理人 100061893
弁理士 高橋 明夫 (外1名)

最終頁に続く

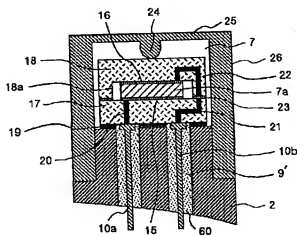
(54) 【発明の名称】 エンジン用の筒内圧センサとこれを用いた気筒内空気流入量の計測装置

(57) 【要約】

【課題】 小型でシンプルな構造の筒内圧センサを実現し、また、筒内圧センサの検出値を利用してエンジンの各気筒に流入する新しい空気量の高精度な計測装置を実現する。

【解決手段】 エンジンの燃焼室に臨む突起24付き金属ダイヤフラム25によって、圧電材料やシリコンのSOI基板からなる筒内圧検出素子7を圧縮するシンプルな構造のフラッシュマウント型筒内圧センサである。信号処理プロセッサで各種パラメータを推定しつつ、筒内圧センサの出力信号を基に気筒に流入する新しい空気量を高精度に計測する。残留ガス量、燃料供給量、排ガス循環量を気筒内流入空気量演算式に減算要素として取り入れる。

図 2



【特許請求の範囲】

【請求項1】 エンジンの燃焼室を形成する気筒内の圧力をダイヤフラムを用いて検出する筒内圧センサにおいて、

センサハウジングの先端に前記ダイヤフラムが設けられ、該ダイヤフラムはセンサハウジング側に突出する突起を有し、

圧縮応力により電気信号を出力する圧力検出素子が、前記ダイヤフラムと前記センサハウジングの先端部との間で前記ダイヤフラムの突起を介して気筒内圧力による荷重を受け且つ圧縮力が生じる荷重受け構造をなして支持されていることを特徴とするエンジン用の筒内圧センサ。

【請求項2】 前記圧力検出素子は、水晶、 LiNbO_3 、 LiTaO_3 などの単結晶の圧電材料からなる請求項1記載のエンジン用の筒内圧センサ。

【請求項3】 前記圧力検出素子支持する支持体がセラミックス基板より成り、該セラミックス基板中には前記圧力検出素子の電気信号を導くための導体が該セラミックス基板と一体成形されており、このセラミックス基板中の導体の一端がセンサハウジング内に通されたリード線と接続されている請求項1又は2記載のエンジン用の筒内圧センサ。

【請求項4】 前記圧力検出素子と前記セラミックス基板とが金などの貴金属材料の接合部材を介して熱圧着により接合されている請求項3記載のエンジン用の筒内圧センサ。

【請求項5】 前記ダイヤフラムが析出強化金属材料であるSUS631やインコネルで構成されている請求項1ないし4のいずれか1項記載のエンジン用の筒内圧センサ。

【請求項6】 前記圧力検出素子は、SOI基板により形成されている請求項1又は3又は4記載のエンジン用の筒内圧センサ。

【請求項7】 前記SOI基板は、単結晶シリコン基板と、該単結晶シリコン基板上に形成した熱酸化膜と、面方位が(110)のP型シリコンの素子形成基板とを積層させた積層体からなる請求項6記載のエンジン用の筒内圧センサ。

【請求項8】 前記SOI基板には、前記P型シリコンの素子形成基板をエッチングして前記単結晶シリコン基板上の熱酸化膜の表面に凸状の歪ゲージと凸状のリード引き出し用パッドが形成されている請求項7記載のエンジン用の筒内圧センサ。

【請求項9】 前記歪ゲージと前記パッドは、接合部材を介して熱圧着によりセンサ基板へ接合されている請求項8記載のエンジン用の筒内圧センサ。

【請求項10】 エンジンの気筒内圧を検出する筒内圧センサの圧力情報を利用して、エンジンの気筒内流入空気量を演算する気筒内空気流入量の計測装置において、

前記筒内圧センサの圧力情報を利用して気筒内流入空気量を演算する場合に、エンジンの前燃焼行程の残留ガス量、インジェクタによる燃料供給量及び排ガス循環量を求めて、これらの残留ガス量、燃料供給量、排ガス循環量を気筒内流入空気量演算式に減算要素として取り入れる演算手段を備えたとすることを特徴とする気筒内空気流入量の計測装置。

【請求項11】 前記演算手段は、前記筒内圧センサで検出される圧力情報、エンジンのクランク角センサのクランク角情報、エンジンの燃焼状態を検出する手段からの燃焼状態情報、インジェクタコントローラからの燃料供給量情報、排ガス循環コントローラからの排ガス循環量情報と取り入れて、これらの情報に基づき、次の

(a) から (c) の演算、すなわち、(a) 圧縮行程開始時のクランク角を θ_1 、点火時期直前のクランク角を θ_2 とすると、 θ_1 、 θ_2 における気筒の内容積 V_1 、 V_2 を推定し、エンジンの燃焼状態情報から気筒内ガスの絶対温度 T_1 を推定し、前記筒内圧センサからの圧力情報により θ_2 における筒内圧 P_2 を求め、これらの値から気筒内に流入した全体の質量 M_{total} を計算し、

(b) エンジンの燃焼状態情報から前燃焼行程の残留ガス量 M_r を推定し、インジェクタコントローラからの燃料供給情報により供給燃料量 M_f を推定し、排ガス循環コントローラからの排ガス循環量情報により排ガス循環量 M_e を推定し、 M_r と M_f と M_e を合計した量 M を計算し、(c) M_{total} から M を引いて、気筒内に流入した空気量 M_{air} を算出する。請求項10記載の気筒内空気流入量の計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は自動車エンジンの筒内圧を高精度に検出する筒内圧センサと、これを用いて気筒内の気筒内空気流量を計測する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 筒内圧センサは、自動車エンジンの異常燃焼（例えば、ノッキング、ミスファイヤ等）を検出するために適しており、従来より、エンジンの燃焼室を形成する気筒内の圧力を金属ダイヤフラムを用いて直接検出するフラッシュマウント型の筒内圧センサが知られている。

【0003】 この種の筒内圧センサは、金属ダイヤフラムで受圧した筒内圧に比例した力を細長い荷重伝達棒を介して圧力検出部に伝達し、圧力検出部の部材を圧縮する方法であった。圧力検出部は、例えば圧電素子により構成されている。

【0004】 また、最近では筒内圧センサを利用して気筒内に流入する空気量を推定する方法が検討されている。例えば、特開平9-53503号公報では、圧縮行程の特定のクランク角2箇所の気筒内圧力の差分から気筒内に流入する空気量を算出している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 気筒内圧力に応動するダイヤフラムの受圧力を細長い荷重伝達棒を介してセンサハウジング内の圧力検出部に伝達する方式の筒内圧センサは、荷重伝達棒が比較的長くなるために、荷重伝達棒とこれを収納するセンサハウジングとの両者間の温度変化による伸びを一致させることは材質の相違（線膨張係数の相違）もあることから困難であった。このため、金属ダイヤフラムの筒内圧による変位が大きく取れるようにして上記の伸び率の相違による計測誤差を解消する必要がある。結果として、筒内圧センサの小型化に限界があった。また、荷重伝達棒の実装構造も複雑であった。

【0006】 本発明の目的は、一つは、ダイヤフラムを用いて気筒内圧力を検出するエンジン用筒内圧力センサを小型でシンプルな構造とし、しかも、耐久性に優れた信頼性の製品実現を図ることにある。

【0007】 もう一つは、筒内圧センサを用いて気筒内に流入する空気量を計測する装置の計測精度を高め、特に、今まで配慮されていなかった前燃焼行程の残留ガスの量 M_f 、インジェクタからの供給燃料の量 M_f 、排ガスコントローラからの排ガス循環量 M_e による計測誤差を低減して気筒内に流入する実質的空気量（真の空気量）の計測精度を高めることにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 第1の発明は、基本的に、次のように構成する。

【0009】 すなわち、エンジンの燃焼室を形成する気筒内の圧力をダイヤフラムを用いて検出する筒内圧センサにおいて、センサハウジングの先端に前記ダイヤフラムが設けられ、該ダイヤフラムはセンサハウジング側に突出する突起を有し、圧縮応力により電気信号を出力する圧力検出素子が、前記ダイヤフラムと前記センサハウジングの先端部との間の前記ダイヤフラムの突起を介して気筒内圧力による荷重を受け且つ圧縮応力が生じる荷重受け構造をなして支持されることを特徴とする。

【0010】 上記構成によれば、荷重伝達棒を利用せずに、ダイヤフラム（例えば金属ダイヤフラム）で受圧した筒内圧に比した力をセンサハウジング先端部だけの位置で圧力検出部へ直接的に伝達できる実装構造が可能となる。特に、ダイヤフラムに設けた突起は、荷重伝達棒に較べてはるかに短く、この突起からの圧縮荷重を受ける圧力検出素子とダイヤフラム間の距離を荷重伝達棒方式に較べて短くできるので、従来のようなダイヤフラムやセンサハウジング等の温度変化による伸びの違いを計測精度に支障をきたさない程度の微小差にとどめることが可能になる。

【0011】 また、本発明では、圧力検出素子は、圧縮応力により電気信号を出力する素子（トランスデュー

サ）により構成され、この圧力検出素子が支持部材により圧縮応力が生じる荷重受け構造をなして支持されるので、ダイヤフラムの突起から気筒内圧力による荷重を受けても圧力検出素子にたわみ変形（曲げ変形）が生じない構造を採用し得るので、圧力検出素子の変形やそれに伴う経時的な疲労による破損が生じるおそれがない。

【0012】 その結果、小型でシンプルな構造で計測精度、耐久性を向上させる。

【0013】 また、このような小型でシンプルな構造の筒内圧センサは低コストであり、エンジンの全気筒に装着することが経済的にも可能になる。

【0014】 第2の発明は、筒内圧センサを利用した気筒内空気流入量の計測装置に係り、基本的には、次のように構成する。

【0015】 すなわち、エンジンの気筒内圧力を検出する筒内圧センサの圧力情報を利用して、エンジンの気筒内流入空気量を演算する気筒内空気流入量の計測装置において、前記筒内圧センサの圧力情報を利用して気筒内流入空気量を演算する場合に、エンジンの前燃焼行程の残留ガス量、インジェクタによる燃料供給量及び排ガス循環量を求めて、これらの残留ガス量、燃料供給量、排ガス循環量を気筒内流入空気量演算式に減算要素として取り入れる演算手段を備えてなることを特徴とする。

【0016】 上記構成によれば、気筒内に流入する空気流量の測定誤差要素を排除でき、実質的空気量の計測精度を高める。

【0017】 なお、気筒内空気流入量を測定する演算手段の具体的手法として、次のようなものを提案する。

【0018】 例えば、(a) 圧縮行程開始時のクランク角を θ_1 、点火時期直前のクランク角を θ_2 とすると、 θ_1 、 θ_2 における気筒の内容積 V_1 、 V_2 を推定し、エンジンの燃焼状態情報から気筒内ガスの絶対温度 T_1 を推定し、前記筒内圧センサからの圧力情報により θ_2 における筒内圧 P_2 を求め、これらの値から気筒内に流入した全体の質量 M_{in} を計算し、(b) エンジンの燃焼状態情報から前燃焼行程の残留ガス量 M_f を推定し、インジェクタコントローラからの燃料供給情報により供給燃料量 M_f を推定し、排ガス循環コントローラからの排ガス循環量情報により排ガス循環量 M_e を推定し、 M_f と M_f と M_e を合計した量 M を計算し、(c) M_{in} から M を引いて、気筒内に流入した空気量 M_{air} を算出する。

【0019】 この演算式の詳細は、次の発明の実施の形態で述べる。

【0020】

【発明の実施の形態】 本発明の実施の形態を図面に示す実施例に基づいて詳細に説明する。

【0021】 図1は本発明に係るフラッシュマウント型筒内圧センサ（以下、単に筒内圧センサと称する）の全体構成図を示したものである。

10

20

30

40

50

【0022】細長筒状のセンサハウジング（以下、ハウジングと称する）2は、耐熱、耐ガス性を有する金属材料で構成され、そのハウジング2の胴体上部に六角部4が形成され、その下に自動車エンジン等のシリンドラヘッド1に取付けするためのねじ部5が形成され、六角部4を工具で回すことによりシリンドラヘッド1にねじ部5を介して装着されている。

【0023】図1において、非断面構造で示す筒内圧センサの先端部6の最先端はシリンドラヘッド1の内壁と同一面、即ちフラッシュマウント構造になっており、センサハウジング2の先端部6の内部に筒内圧検出部7が実装されている。

【0024】センサ先端部6、すなわちセンサハウジング2の最先端部には、後述する金属ダイアフラムが設けられ、筒内圧Pに比例した力を受圧できるようになっている。ハウジング2の上端に設けた端子引き出し用の枠体13に保持されてハウジング2の内部に固定されている。信号処理回路12はハウジング2先端に設けた圧力検出部7とリード線10a、10bを介して電気的に接続されている。

【0025】筒内圧センサの信号処理回路12はセラミックス基板11上に固定される。セラミックス基板11は、ハウジング2の上端に設けた端子引き出し用の枠体13に保持されてハウジング2の内部に固定されている。信号処理回路12はハウジング2先端に設けた圧力検出部7とリード線10a、10bを介して電気的に接続されている。

【0026】リード線10a、10bはハウジング2との短絡を防止するために、ハウジング2内のセラミックス基板11（信号処理部）・ハウジング2先端部6間に絶縁部材8を充填して、この絶縁部材8に設けたリード線通孔9にリード線10a、10bを挿通させている。筒内圧センサの電源端子、出力端子、診断端子は、符号の14でまとめて示しており、これらの端子は、その一端がセラミックス基板11上の信号処理回路12と接続され、枠体13中の通って外部に引き出されている。

【0027】図2は、図1の筒内圧センサの先端部6に内装した筒内圧検出部7の具体的な実装構造例である。

【0028】図2に示すように、ハウジング2の先端にダイアフラム25が設けられ、該ダイアフラム25はハウジング2側に突出する突起24を有する。ダイアフラム25は、高温でも高い強度を有する析出強化金属材料であるSUS631やインコネルが用いられ、ダイアフラム25の厚さは約数百ミクロンの値である。ダイアフラム25は上記析出金属材料でキャップ状に形成された円筒部材26の一端に形成され、この円筒部材26がハウジング2の先端に後述する圧力検出部7の各要素7a、17、18を封入するに於て被着されている。この被着は、円筒部材26をハウジング2先端外周面に溶接や圧入で気密に接合することで行なわれる。

【0029】圧力検出部7は、上記ダイアフラム25及

び、セラミックス基板17、18及び圧力検出素子となる圧電素子7aにより構成される。基本的には、圧縮応力により電気信号を出力する圧力検出素子7aが、ダイアフラム25とセンサハウジング2の先端部との間でダイアフラム25の突起24を介して気筒内圧力による荷重を受け且つ電極リード20、21を引き出し用のセラミックス基板17に支持されて圧縮応力が生じる荷重受け構造をなしている。具体的態様は次の通りである。

【0030】圧力検出素子7aは、水晶、ニオブ酸リチウム（ LiNbO_3 ）、タンタル酸リチウム（ LiTaO_3 ）などの単結晶の圧電材料で構成され、これらの材料のキュリー点は、それぞれ約570℃、1100℃、600℃と高温である。

【0031】圧力検出素子（圧電素子）7aの両面には、圧力検出素子7aが圧縮されたときに生ずる電荷を外部に取り出すための電極15、16が蒸着やスパッタなどの方法で成膜されている。この電極材料を用いて、圧力検出素子7aの両面が電極リード引き出し用のセラミックス基板17、18と接合されている。この接合は、セラミックス基板17、18の接合面（電極15、16と対向する面）にも予め電極材料15、16と同様の金属材料を成膜しておき、セラミックス基板18、圧力検出素子7a、セラミックス基板17からなる積層体に数百度の温度下で加重を印加する熱圧着工程を施すことにより、これらの積層体要素を強固に接合することができる。この積層体は接合部材19でハウジング2の先端面に固着される。

【0032】セラミックス基板17、18の対向面のうち前者は全体が平面であり、後者は凹部18aが形成され、この凹部18a内に圧力検出素子7aが位置するようにして、また、この凹部18a以外におけるセラミックス基板18と17の各対向面に、セラミックス基板17、18同士を接合するための金属材料よりなる接合部材23が成膜され、上記の電極15、16とセラミックス基板17、18を接合する工程時に接合部材23が同時に熱圧着によりセラミックス基板17、18を接合する。

【0033】セラミックス基板17、18中には、圧力検出素子の電気信号を導くための導体（電極リード）20、21、22が該セラミックス基板と一体形成されており、このうち導体20は、一端が圧力検出素子7aの電極15に臨み、他端がハウジング2側のリード線10aの端面に臨む。一方、導体21、22は、圧力検出素子7aの電極16をリードするものである。導体22はセラミックス基板18中に形成され、導体21はセラミックス基板17中に形成され、導体22と導体21とが接合部材23を介して接続され、導体21の他端がリード線10bと接続されている。

【0034】電極15、16と接合部材23は、金や銀などの貴金属材料で構成される。なお、リード線10a

と10bは、銀ロ付けなどの方でセラミックス基板17へ固着され、セラミックス基板17の導体20、21の一端と接続されている。リード線10a、10bは、ハウジング2の先端部ではハウジング2に設けた孔9'を通されておき、孔9'にはリード線10a、10bがハウジング2に接触して短絡するのを防止するために、絶縁材60が充填されている。

【0035】セラミックス基板18、圧力検出素子7a、セラミックス基板17からなる積層体を接合部材19でハウジング2の先端に接合した後、この積層体を圧縮可能に突起24付きダイアフラム25を有する円筒部材26がハウジング2へ溶接や圧入で気密に接合される。なお、筒内圧がゼロのときでも予め圧力検出素子7aに圧縮荷重を与えるように、円筒部材26をハウジング2に接合する。

【0036】ダイアフラム25はエンジンの燃焼室へフラッシュマウントに装着され、ダイアフラム25で受圧した筒内圧に比例した力を突起24と厚さが約1ミリのセラミックス基板18を介して、圧力検出素子7aへ直接的に伝達できる実装構造とされ、筒内圧に比例した圧縮荷重を圧力検出素子7aに正確に伝達するために、突起24はハウジング2の軸心と一致させて設けられており、突起24の先端は図に示すように球面に加工される。

【0037】上記構成をなすことにより、圧力検出素子7aには、気筒内圧力に比例した圧縮応力が生じ、これが電気信号に変換されて、導体20、21、22及びリード線10a、10bを介して信号処理回路12に入力される。

【0038】筒内圧検出部7の圧力検出素子7aに水晶、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウムなどの単結晶の圧電材料を用いたときの検出回路を図10に示す。ハインビーダンスの増幅器42の帰還コンデンサ41の静電容量をCg、筒内圧Pに比例して圧力検出素子7aに発生する電荷をQとすると、出力端子43に-Q/Cgの出力信号Voが得られる。増幅器42、帰還コンデンサ41、静電容量Cgが信号処理回路12に相当する。

【0039】本実施例によれば、従来技術で述べたような細長い荷重伝達棒は不要で、ダイアフラム25で受圧した筒内圧に比例した力をセンサハウジング先端部だけの位置で圧力検出部7へ直接的に伝達できる実装構造が可能となる。ダイアフラム25と圧力検出素子7a間の距離は数ミリ以下と短いため、エンジンの燃焼ガスで突起24、ダイアフラム25、円筒部材26、ハウジング2及び検出部積層体7a、17、18などが加熱されても、これらの部材の熱膨張に伴う圧力検出素子7aの予圧縮荷重の変化を極力小さな値以下にすることができ、この結果、ダイアフラム25の直径は数ミリ以下と、筒内圧センサを小形化できる。また、シンプルな実

装構造の筒内圧センサとなる。

【0040】既述したように、ダイアフラム25には高温でも高い強度を有する析出強化金属材料であるSUS 631やインコネルが用いられ、ダイアフラム25の厚さは約数百ミクロンの値である。自動車エンジンでの燃焼ガスの温度は1000℃以上なり、運転状態によってはダイアフラム25の表面温度は最高700℃程度まで上昇する。前述の析出強化金属材料はこの温度下でも高い信頼性を有する。このとき、圧力検出素子7aは約400℃以上の温度まで加熱されるが、水晶、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウムのキュリ点はこれらの温度より高いので筒内圧を高精度に検出することができる。

【0041】さらに、本実施形態によれば、圧力検出素子7aが支持部材（セラミックス基板17及びハウジング2側面）により圧縮応力が生じる荷重受け構造をなして支持されるので、圧力検出素子7aにダイアフラム25の突起24から気筒内圧力による荷重がかかっても、圧力検出素子7aにたわみ変形（曲げ変形）が生じない構造を採用し得るので、圧力検出素子7aの変形やそれに伴う経時的な疲労による破損が生じるおそれがない。

【0042】その結果、小型でシンプルな構造で計測精度、耐久性を向上させる。

【0043】次に、本発明に係る筒内圧センサの他の実施形態を図3～9により説明する。なお、図中、図1及び図2と同一符号は同一要素を示すものである。

【0044】本実施例も基本的には、ハウジング2の先端に突起24付きダイアフラム25が設けられ、圧縮応力により電気信号を出力する圧力検出素子7bが、ダイアフラム25とハウジング2の先端部との間でダイアフラム25の突起24を介して気筒内圧力による荷重を受け且つ圧縮応力が生じる荷重受け構造をなして支持されている。

【0045】本実施形態における筒内圧検出部7の圧力検出素子7bは、SOI（Silicon On Insulator）基板からなり、単結晶シリコン基板32上に熱酸化膜33を形成して、この熱酸化膜33上に圧縮応力により抵抗が変化する面方位が（110）のP型シリコンの素子形成基板34を積層させて成り、500℃以上に加熱されても原理的に筒内圧を検出するのに支障のない素子材料である。

【0046】本発明によるシリコンのSOI基板を用いた圧力検出素子7bの詳細図を図4及び図7に示す。なお、図4は図7のA-A線断面図である。図7は、SOI基板7bの平面図であり、特に絶縁膜39を除去して圧力検出素子7bを開放状態でのみた図である。

【0047】単結晶シリコン基板32、熱酸化膜33、素子形成基板34の厚さは、それぞれ数百ミクロン、約1ミクロン、数〜数十ミクロンの値である。

【0048】素子形成基板34をエッチング加工して、重ゲージ38、引き出し抵抗（リード部）37、パッド

36が形成されている。歪ゲージ38、引き出し抵抗37の全表面と、パッド36の一部の表面が熱酸化膜などの絶縁膜39でカバーされている。パッド36と歪ゲージ38の表面には、それぞれ貴金属材料からなる接合部材31と40が蒸着やスパッタなどの方法で成膜されている。そして、絶縁膜39上の接合部材31と40は同一面の高さになっている。

【0049】歪ゲージ38は、詳細には、図7に示すように、歪ゲージ38a、38bよりなり、ここでは、結晶軸(110)方向の歪ゲージを38aと定義する。各2個の歪ゲージ38aと38bよりなるブリッジ回路が熱酸化膜39の表面に形成されている。

【0050】歪ゲージ38(=38a、38b)とパッド36は、図4に示すように同一の高さであるが、引き出し抵抗(リード)37はこれより数ミクロンだけ低い高さになるようにエッチング加工されている。すなわち、SOI基板7bは、前記P型シリコンの素子形成基板34をエッチングして単結晶シリコン基板32上の熱酸化膜33の表面に凸状の歪ゲージ38と凸状のリード37を引き出し用パッド36が形成されている。

【0051】SOI基板7bは、単結晶シリコン基板32側がダイアフラム25の突起24により押される受圧面とし、素子形成基板34側はリード引き出し用のセラミックス基板27に歪ゲージ部38とパッド36だけが接合された状態で支持されている。それ故、ダイアフラム25で受圧した筒内圧に比例した力は、小さな面積の歪ゲージ部38とパッド36のみに作用するので、歪ゲージ部38の圧縮応力を著しく大きな値にすることができる。結果として、筒内圧を高感度で検出することが可能になる。

【0052】リード引き出し用のセラミックス基板27の中には、パッド36及びリード線10の個数に対応する数のリード(導体)29がセラミックス基板27と一体成形されており、セラミックス基板27の両面には、図3に示すように、貴金属材料よりなる接合部材30、28が成膜されている。このうち、接合部材30は、圧力検出素子(SOI基板)7bのパッド36及び歪ゲージ38に対応する位置に形成されている。圧力検出素子7bの一面には歪ゲージ38に該当する位置及びパッド36に該当する位置に接合部材31が成膜されている。この接合部材31と接合部材30同士の熱圧着により、圧力検出素子7bとセラミックス基板27は強固に接合される。

【0053】そして、圧力検出素子7bとセラミックス基板27からなる積層体は、接合部材28を介してハウジング2の先端に固着される。圧力検出素子7bはセラミックス基板27中に形成した導体29を介して、ハウジング2内を挿通するリード線10と電気的に接続される。

【0054】面方位が(110)のP型シリコンに圧縮応力を印加したときの歪ゲージの理論的な感度を図8に示す。図に示したように、結晶軸(100)方向の感度はゼロで、結晶軸(110)方向で最大になる。それ故、筒内圧Pに比例して歪ゲージ38a、38bにダイアフラム25の突起を介して圧縮応力が生じた場合、歪ゲージ38aの抵抗値は大きく変化するものの、歪ゲージ38bの抵抗値は全く変化しない。

【0055】SOI基板を用いた圧力検出素子7bの等価回路を図9に示す。引き出し抵抗37部の抵抗値が十分に小さければ、等価回路を本図のように書くことができる。前述したように、筒内圧Pに対して抵抗値が変化するのは結晶軸(110)方向に配置した歪ゲージ38aのみである。

【0056】本実施例においても、第1実施例と同様の効果を奏するほかに、さらに、次のような効果が得られる。

【0057】既述したように、筒内圧の圧力(圧縮荷重)を小面積の歪ゲージ部38に集中させてかけることで、歪ゲージ38aの圧縮応力を著しく大きな値にすることができ、筒内圧の高感度検出が可能になる。試作した結果によると、Vccが5ボルトのとき100気圧の筒内圧変化に対して $\Delta V =$ 数mVの感度が得られた。

【0058】また、歪ゲージ38(=38a、38b)よりなるブリッジ回路は熱酸化膜33の表面に形成されているため、各歪ゲージ間のリーク電流はかなりの高温まで極めて小さい値である。この結果、圧力検出素子が500℃以上に加熱されても、筒内圧を高い精度で検出することができた。

【0059】本発明に係るシリコンのSOI基板を用いた圧力検出素子7bの他の態様(応用)を図5に示す。図5も図7同様に圧力検出素子についてA-B線で断面した図である。図6は、図5の圧力検出素子7bを素子形成基板34と反対側から見た平面図である。

【0060】本態様は単結晶シリコン基板32をエッチング加工して、その基板32中央に台形状のシリコン突起35を形成したものである。シリコン突起35にダイアフラム25の突起24が接触して、突起24を介して筒内圧力による集成的な圧縮荷重がシリコン突起35に伝達される。シリコン突起35が十分に小さければ、金属ダイアフラム25に設けた突起24を必ずしも球面状にする必要はなくなる。突起35の高さは支持基板32の厚さの約半分である。

【0061】上記各実施例に係る筒内圧センサの他の取り付け態様の概略を図11に示す。本例では、自動車エンジンの燃焼室内へ直接的に燃料を供給するD.I.(ダイレクトインジェクション; 筒内噴射)方式のインジェクタ44が、燃焼室へフラッシュモウント方式のインジェクタヘッド11に装着される。

【0062】ボール弁45に直結した駆動棒46が電磁

力等で上方に動くこと、矢印で示すように燃料が燃焼室内に供給される。本発明のように圧力検出素子7が十分に小さければ、図に示すようにインジェクタの先端部に筒内圧検出部7を容易に実装することが可能になる。筒内圧センサをエンジンに装着するための孔をエンジンに設けることは必ずしも簡単なことではないので、インジェクタへフラッシュマウント型の筒内圧センサを実装できれば多いに有効である。

【0063】次に、筒内圧センサを利用して、各気筒へ流入する新しい空気量の高精度な計測手法について述べる。

【0064】図12にクランク角と筒内圧の関係を示す。なお、本図は圧縮行程と爆発行程の筒内圧波形を示したものである。圧縮行程開始時のクランク角を θ_1 、点火時期直前のクランク角を θ_2 とし、 θ_1 、 θ_2 における筒内圧をそれぞれ P_1 、 P_2 、気筒の内容積 V_1 、 V_2 、 θ_1 における気筒内のガスの絶対温度 T_1 、ガス定数を R 1とすると、気筒内の状態方程式より

【0065】

$$P_1 \cdot V_1 = M_{1, \text{air}} \cdot R \cdot T_1 \quad \dots (1)$$

【0072】となる。それ故、(4)式右辺のパラメータを正確に推定できれば、真の $M_{1, \text{air}}$ を計測することが可能になる。

【0073】本発明による気筒へ流入する新しい空気量の高精度な計測装置を図13に示す。(4)式から理解できるように、以下に示す手順で気筒内に流入する新しい空気量 $M_{1, \text{air}}$ を高精度に検出することが可能になる。

【0074】すなわち、

(a) クランク角センサ48から圧縮行程開始時のクランク角 θ_1 と点火時期直前のクランク角 θ_2 を読み取り、クランク角 θ_1 、 θ_2 における気筒の内容積 V_1 、 V_2 を推定、エンジンの直前の燃焼行程の燃焼状態から気筒内ガスの絶対温度 T_1 を推定、フラッシュマウント型筒内圧センサ47でクランク角 θ_2 における筒内圧 P_2 を検出し、これらの値から気筒内に流入した全体の質量 $M_{1, \text{total}}$ を計算する。

【0075】(b) エンジン制御用マイクロコンピュータ51の助けを借りて、直前のエンジンの燃焼状態から前燃焼行程の残留ガスの量 M_r を推定、インジェクタコンローラ49から供給燃料の量 M_f を推定、排ガス循環コントローラ50から排ガス循環量 M_e を推定し、 M_r と M_f と M_e を合計した量 M を計算する。

【0076】(c) $M_{1, \text{total}}$ から M を引くことにより、各気筒内に流入した新しい空気量 $M_{1, \text{air}}$ を高精度に計測できる。

【0077】気筒内に流入した新しい空気量 $M_{1, \text{air}}$ の計測は信号処理プロセッサ52でリアルタイムに実行される。なお、信号処理プロセッサ52はエンジン制御用マイクロコンピュータ51で代行することも可能である。

【0078】本実施例によれば、気筒ごとの空気流入量

*【数1】

$$P_1 \cdot V_1 = M_{1, \text{total}} \cdot R \cdot T_1 \quad \dots (1)$$

が得られる。ここで、 $M_{1, \text{total}}$ は気筒内に流入した全体の質量である。

【0066】また、ポリトロップ指数を n とすると、

【0067】

【数2】

$$P_1 \cdot V_1^n = P_2 \cdot V_2^n \quad \dots (2)$$

【0068】となる。

【0069】残留ガスの量を M_r 、インジェクタからの供給燃料の量を M_f 、排ガス循環量を M_e 、気筒内に流入した新しい空気量を $M_{1, \text{air}}$ とすると、

【0070】

【数3】

$$M_{1, \text{total}} = M_r + M_f + M_e + M_{1, \text{air}} \quad \dots (3)$$

である。(1)・(2)・(3)式から、気筒へ流入する新しい空気量 $M_{1, \text{air}}$ は、

【0071】

【数4】

$$M_{1, \text{air}} = P_2 \cdot V_2 \cdot V_1^{1/n} / (R \cdot T_1 \cdot V_1^{1/n} - (M_r + M_f + M_e) \cdot R \cdot T_1) \quad \dots (4)$$

をダイレクトに計測でき、しかも、筒内圧センサ47を用いて気筒内に流入する空気量を計測する装置の計測精度を高め、特に、今まで配慮されていなかった前燃焼行程の残留ガスの量 M_r 、インジェクタからの供給燃料の量 M_f 、排ガス循環コントローラからの排ガス循環量 M_e による計測誤差を低減して気筒内に流入する実質的空気量(真の空気量)の計測精度を高めることができる。

【0079】

【発明の効果】以上詳述したように、第1の発明によれば、ダイアフラムを用いて気筒内圧を検出するエンジン用筒内圧力センサを小型でシンプルな構造とし、しかも、耐久性に優れ高信頼性の製品実現を図ることができる。

【0080】第2の発明によれば、筒内圧センサを用いて気筒内に流入する空気量を計測する装置の計測精度を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる筒内圧センサの全体構成図。

【図2】本発明による筒内圧センサの筒内圧検出部の実装構造を示した部分断面図。

【図3】本発明による筒内圧センサの筒内圧検出部の他の実装構造を示した部分断面図。

【図4】本発明によるシリコンのSOI基板を用いた筒内圧検出素子の詳細図。

【図5】本発明によるシリコンのSOI基板を用いた筒内圧検出素子の他の実施例を示した図。

【図6】シリコン突起を有するSOI基板の平面図。

【図7】本発明によるシリコンのSOI基板を用いた筒内圧検出素子の素子形成基板を開蝕してみた平面図。

【図8】圧縮応力を印加したときのP型歪みゲージの理論

的な感度を示した図。

【図 9】シリコンの SOI 基板を用いた筒内圧検出部材の等価回路図。

【図 10】筒内圧検出素子に圧電材料を用いたときの検出回路図。

【図 11】本発明によるフラッシュマウント型筒内圧センサをインジェクタに実装した概略図。

【図 12】クランク角と筒内圧の関係を示した図。

【図 13】本発明による気筒へ流入する新しい空気量の計測方法を示した図。

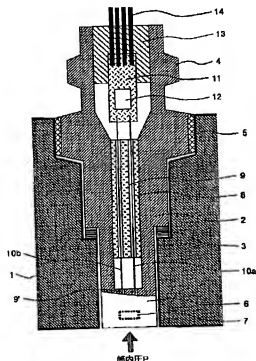
【符号の説明】

1…シリンダヘッド、2…ハウジング、6…センサ先端*

*部、7…筒内圧検出部、7a…圧力検出素子、7b…圧力検出素子 (SOI 基板)、10…リード線、10 (10a、10b) …リード線、11…セラミックス基板、12…信号処理回路、17、18…セラミックス基板、20、21、22…導体、24…突起、25…ダイアフラム、27…セラミックス基板、36…パッド、38…歪ゲージ、47…フラッシュマウント型筒内圧センサ、48…クランク角センサ、49…インジェクタコントローラ、50…排ガス循環量コントローラ、51…エンジン制御用マイクロコンピュータ、52…信号処理プロセス (演算手段)。

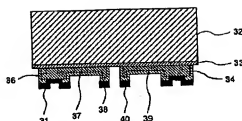
【図 1】

図 1



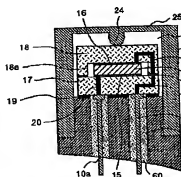
【図 4】

図 4



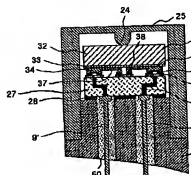
【図 2】

図 2



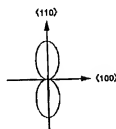
【図 3】

図 3



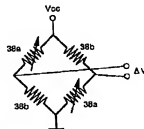
【図 8】

図 8



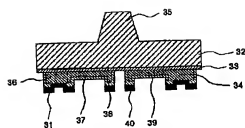
【図 9】

図 9



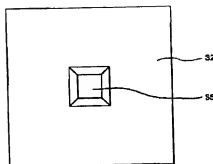
【図5】

図 5



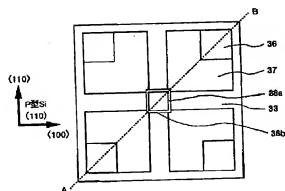
【図6】

図 6



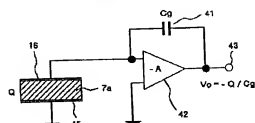
【図7】

図 7



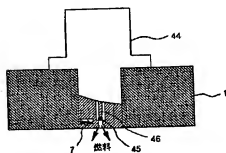
【図10】

図 10



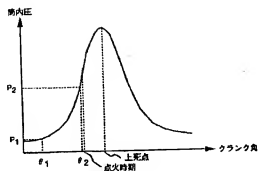
【図11】

図 11



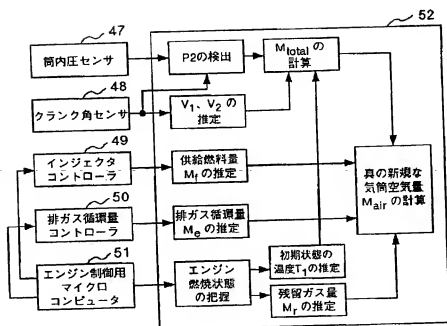
【図12】

図 12



【図13】

図 1 3



フロントページの続き

(72)発明者 土田 健二
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 浅野 保弘
茨城県ひたちなか市高場2477番地 株式会
社日立カーエンジニアリング内

Fターム(参考) 2F055 AA23 CC02 DD01 EE13 EE23
FF43 GG11 GG12 GG25 HH03
3G084 DA04 DA13 EC04 FA00 FA07
FA13 FA19 FA21 FA37 FA38